第 40 卷 增刊　　昆 虫 学 报　　Vol. 40, Suppl.
1997 年 11 月　　ACTA ENTOMOLOGICA SINICA　　Nov., 1997

棉铃虫种群适合度研究*

吴孔明　郭予元
（中国农业科学院植物保护研究所　北京　100094）

摘要　本试验比较了我国各棉区棉铃虫 *Helicoverpa armigera*（Hübner）种群幼虫期和蛹期发育速度与温度的关系，并模拟了长江流域种群和华北种群在北京地区的发育动态。研究结果表明在20℃～30℃温区内不同地理种群之间的发育速度无明显的感温分化现象，但在自然条件下长江流域种群和华北地区种群的蛹滞育动态则有显著的区别，如湖南衡阳种群和四川简阳种群50%蛹滞育的时间较北京种群晚30 d 和22 d。对各地理种群发育动态、北京地区气候特点和滞育蛹越冬试验结果的综合分析表明，北京地区应为棉铃虫温带生态型生态区北界，棉铃虫亚热带生态型在华北气候环境下不能完成年生活史。

关键词　棉铃虫，地理种群，适合度

物种的适合度决定其分布的地理区域，一个适合度变异性较小的物种不可能在广阔的地域内完成年生活史[1]。棉铃虫 *Helicoverpa armigera*（Hübner）是生态适应性较强的农业昆虫之一，广泛分布于我国热带、亚热带和温带地区。近年来的研究表明，我国棉铃虫在滞育特性、抗寒能力等生态适应性方面存在明显的分化，并提出了生态型划分理论，将我国棉铃虫划分为热带、亚热带和温带3个生态型[2,3]。但对种群适合度变异性尚缺乏系统的研究。为了深入阐述棉铃虫各生态型生态适应性的分化程度及其分布生境的特征，本试验研究了各地理种群的发育历期，并在自然光照和温度条件下模拟了不同地理种群在北京地区的发育动态。

1　材料与方法

1.1　供试棉铃虫

供试棉铃虫1994～1995年分别采于湖南衡阳市、四川简阳市、浙江杭州市、湖北武穴市、江苏南京市、河南新乡市和禹州市、河北定兴市、山东高密市、陕西渭南市、北京西郊、辽宁辽阳市、新疆维吾族自治区哈密市和喀什市。采集3～6龄幼虫，单头饲养至化蛹，羽化后大量繁殖，利用人工饲料在室内饲养。饲养环境：(26±1)℃，RH：70%～90%，L:D=14:10 h。

1.2　各地理种群幼虫和蛹发育历期

利用生物培养箱，设20℃、22℃、26℃和30℃温度处理，光照 L:D=14:10 h。将初孵

* 国家攀登计划资助项目
1997-05-06收稿，1997-06-06收修改稿

幼虫接入盛有人工饲料的养虫管单头饲养，记录化蛹及羽化时间。每处理60～250头（研究方法见参考文献4）。

1.3 不同地理种群在自然光照和温度条件下发育动态

从1996年6月中旬开始，在北京西郊中国农科院植保所试验农场利用性诱剂监测棉铃虫成虫动态。自7月30日至9月15日，每隔数日将室内初孵幼虫置于室外自然环境下发育，利用人工饲料在养虫管内单头饲养。每处理150～200头幼虫，逐日观察记载幼虫死亡、化蛹（滞育蛹鉴别方法见参考文献5）、成虫羽化及产卵数（研究方法见参考文献6）。相关的气象资料由中国农科院气象站提供。

1.4 棉铃虫滞育蛹的田间越冬试验

供试种群为哈密、辽阳、北京和杭州棉铃虫。在22℃、12∶12（L∶D）光周期下获得滞育蛹[5]。在胸径10 cm、高度14 cm的瓦盆建造人工蛹室，每盆20～25头，重复3次[2]。分别于1995、1996年10月上旬置于北京西郊试验田，次年4月上旬检查越冬存活数。

2 结果与分析

2.1 不同地理种群棉铃虫幼虫和蛹发育历期比较

表1是不同地理种群棉铃虫在20℃～30℃下的幼虫历期和蛹历期。在20℃、22℃、26℃和30℃下，各地理种群幼虫发育历期分别分布于30.23～32.97 d、22.12～24.96 d、15.83～17.58 d和14.34～15.89 d，蛹历期分布于21.16～23.54 d、16.44～17.77 d、9.53～12.41 d和7.08～7.62 d。方差分析显示，在4个温度下，不同地理种群棉铃虫之间的幼虫发育历期和蛹历期皆无显著性差别，表明不同地理种群幼虫和蛹的发育速度无明显感温分化现象。

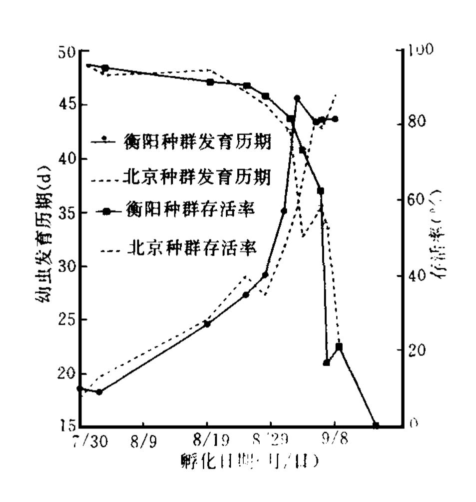


图1 不同日期孵化的棉铃虫幼虫在自然环境下的发育历期和存活率曲线

2.2 不同时期孵化的棉铃虫幼虫在自然光照和温度条件下的幼期发育时间及存活率

图1是不同日期孵化的幼虫在自然环境下的幼虫发育历期动态和存活率曲线。1996年8月上、中旬北京西郊气温平均值分别为25.3℃和24.8℃，较为适合棉铃虫幼虫的发育[4]，7月30日孵化的北京种群和衡阳种群幼虫期分别为17.82 d和18.66 d，但下旬平均气温降至22.3℃，导致8月19日孵化的幼虫历期上升至24.92 d和24.50 d。9月上、中、下旬的平均气温分别为22.2℃、20.2℃和20.8℃，已不适合棉铃虫幼虫的生长，此阶段孵化个体幼期发育时间明显延长，如9月1日孵化者

分别为31.54 d 和35.04 d，到9月9日则达到45.77 d 后43.60 d。10月上、中、下旬的气温则降至14.1℃、18.9℃和12.2℃已接近棉铃虫发育起点温度[4]，多数个体很快死亡。7月30日孵化的北京种群和衡阳种群幼期存活率分别为96.04%和96.39%，8月28日孵化个体幼期存活率降为85.38%和87.80%。此后，孵化个体幼期存活率急剧降低，至9月9日降至21.05%和20.83%，9月15日以后孵化个体全部于幼期死亡。

表1　不同地理种群棉铃虫幼虫和蛹的发育历期（d，$\overline{X}\pm S_{\bar{x}}$）

温度(℃)	地理种群	处理虫头数	幼虫历期(d)	蛹历期(d)
20	浙江省杭州市	56	30.30±2.00	21.64±2.04
	湖北省武穴市	56	31.14±3.85	21.16±2.42
	山东省高密市	67	32.97±3.00	22.51±2.70
	北京市	52	32.62±3.23	23.54±2.57
	新疆哈密市	70	30.23±2.34	22.97±1.99
22	湖北省武穴市	74	24.70±2.54	16.81±2.38
	河南省新乡市	64	23.30±1.78	16.88±1.28
	山东省高密市	61	22.12±2.22	17.77±1.85
	河北省定兴市	52	24.96±2.05	16.53±1.25
	北京市	94	22.39±1.65	16.44±1.68
26	湖南省衡阳市	64	16.57±1.37	12.41±1.48
	湖北省武穴市	103	16.78±1.55	12.09±0.82
	四川省简阳市	56	16.07±1.35	10.64±1.13
	江苏省南京市	50	16.19±1.07	9.90±0.92
	河南省禹州市	52	17.58±1.84	9.65±1.20
	陕西省渭南市	57	15.85±1.39	11.70±1.08
	山东省高密市	64	17.13±1.25	12.13±0.99
	新疆喀什市	92	15.89±0.95	10.61±1.02
	河北省定兴市	52	15.85±0.67	11.19±0.75
	北京市	52	16.62±1.26	11.00±1.08
	辽宁省辽阳市	70	15.83±1.23	9.53±1.18
30	四川省简阳市	128	15.89±0.96	7.08±1.06
	江苏省南京市	225	15.21±1.52	7.62±1.02
	新疆喀什市	79	14.34±1.16	7.34±0.48

2.3　不同地理种群棉铃虫在自然条件下的滞育动态

图2是北京种群、衡阳种群、简阳种群、北京×衡阳杂交 F_1代和北京×衡阳自交 F_2代在自然环境下蛹滞育动态。北京种群8月23日始见滞育蛹，至9月5日滞育率达50%，9月15日滞育率超过90%。衡阳种群于10月1日始见滞育蛹，10月4日滞育率达50%，10月15日滞育率达97.56%。二个种群的滞育动态从时间上相差1个月左右。采自四川简阳的种群，滞育动态位于北京种群和衡阳种群之间。其9月17日始见滞育蛹，9月27日达50%，10月1日达77.78%。衡阳种群和北京种群杂交 F_1代于9月15日始见滞育蛹，9月28日滞育率达50%，10月1日达80%。杂交 F_1代的自交 F_2代，9月20日始见滞育蛹，9月30日滞育率达

50%，10月8日达85.71%。

滞育是反映种群适合度的重要参数，滞育诱导的光周期反应是稳定的遗传性状，昆虫适时进入滞育状态是其成功越冬的基础[1]。在同样条件下发育的湖南衡阳种群、四川简阳种群的50%蛹滞育时间分别晚于北京种群30 d和22 d，表明此类种群已不适合我国北方的气候和物候特点，其适宜的发生区应在年发生5代以上的长江流域。

2.4 棉铃虫种群在北京西郊发育动态

北京市位于我国黄河流域棉区北部。二代棉铃虫卵高峰期常年在6月22日～7月2日之间。三代卵高峰期在7月25～8月8日，平均为8月1日，卵盛末期7月29～8月14日，平均8月6日[7]。1996年在北京西郊的性诱捕表明，1代蛾高峰期为6月下旬，2代蛾高峰为8月初，田间卵孵化时间则约在8月上、中旬。因此，本试验7月30日孵化个体相当于3代棉铃虫早期幼虫，其于8月中旬化蛹，全部为非滞育蛹。8月2日孵化的北京种群8月下旬化蛹的滞育率为2.17%。而8月19日孵化个体则相当于3代棉铃虫晚期幼虫，其于9月中旬化蛹，北京种群滞育率为84.62%，而衡阳种群无一滞育。说明在北京西郊气候条件下北方种群3代棉铃虫较晚孵化部分将发育为滞育蛹进入越冬状态。7月30日孵化的幼虫于8月30日开始羽化成虫，北京种群和衡阳种群的成虫羽化动态无明显的差别。首批蛾子的产卵力曲线如图3所示，9月3日开始产卵，9月5～9日为卵高峰期，9月15日为卵末期。二种群产卵力曲线无明显区别，平均单雌产卵量分别为1 091和1 184粒。在自然条件下于9月10日始孵化，9月17～20日进入卵孵化高峰阶段。实际上，此时田间已无适宜的寄主植物，即便在人工饲料饲养条件下，绝大多数个体亦因幼期气温过低而死亡（图1）。

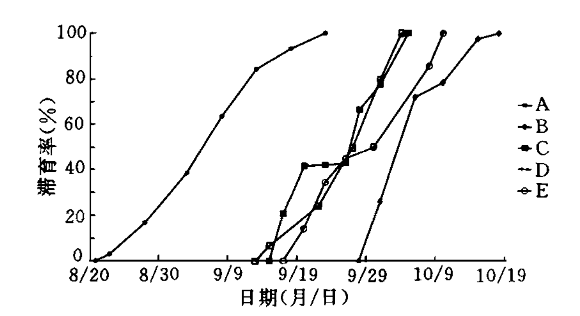


图2 不同地理种群棉铃虫在自然环境下的滞育动态（北京，1996年）

A：北京种群；B：衡阳种群；C：简阳种群；D：北京×衡阳杂交F_1代；E：北京×衡阳自交F_2代

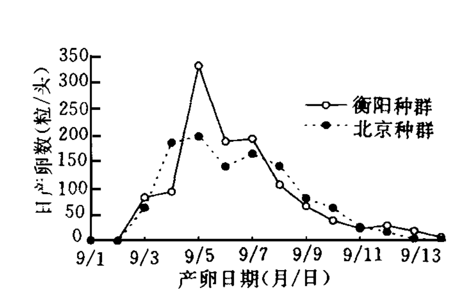


图3 北京种群和衡阳种群三代棉铃虫在自然环境下的产卵力曲线

上述结果表明，1996年度在自然环境下北京地区棉铃虫完整代数应为3代，北京种群第3代部分个体形成滞育蛹越冬，而第4代个体则因积温不足，不能发育至滞育蛹于幼期死亡。采自四川简阳和湖南衡阳的种群则因第3代不能产生滞育蛹而完不成年生活史。

2.5 棉铃虫滞育蛹的田间越冬率

作者曾于1994年在北京西郊研究了棉铃虫滞育蛹的越冬，湖北武穴种群、河南新乡种群、山东高密种群、河北定兴种群和北京种群当年的越冬率分别为0%、0%、4.4%、16.67%和25%[2]。1995～1996年的试验显示，辽宁辽阳种群滞育蛹1995年和1996年在北京的越冬率为0%和3.2%，哈密种群1995年为20%，杭州种群连续2年越冬率为0。北京种群在1995年全部死亡，但1996年有3.4%的越冬率，其3年平均值为9.5%，亦表明北京西郊处于棉铃虫越冬北界线左右。

3 讨论

就昆虫发育的环境条件而言，20℃～30℃是绝大多数昆虫的发育适温区。因此，既使在高纬度地区昆虫也具有短期生长发育的基本条件，限制昆虫生态分布区的主要因子是抗寒能力。昆虫主要采取滞育和迁飞二种策略也即从时间和空间上渡过冬季。反映在昆虫地理种群的适合度上，北方种群常早于南方种群进入滞育状态，其幼期发育起点温度一般低于南方种群[1]。本试验的研究结果表明，不同地理种群棉铃虫幼虫的发育速度与温度的关系无显著性区别，棉铃虫地理种群的适合度变异主要表现于滞育特征与生境的协调程度。北京种群和衡阳种群分别属于典型的温带生态型和亚热带生态型[3]，北京种群在北京地区的不完全4代则说明北京地区处于棉铃虫温带生态型生态分布区的北界，北部特早熟棉区应为棉铃虫温带型个体迁入区。而衡阳种群和简阳种群滞育动态和华北物候特点的错位则表明亚热带型棉铃虫不能在北方完成年生活史，各生态型个体只能通过迁飞到达它型生态区。

参　考　文　献

1 丁格编著（巫国瑞等编译）.昆虫迁飞和滞育的进化.北京：科学出版社，1984，55～75

2 吴孔明，郭予元，韦建福等.棉铃虫抗寒能力的研究.生态学报，1997，**17**（3）：298～302

3 吴孔明，郭予元.棉铃虫迁飞与滞育的研究：我国各棉区棉铃虫滞育诱导的光温反应特点.中国农业科学，1997，**30**（3）：1～6

4 吴孔明，郭予元.营养对棉铃虫发育积温的影响.植物保护，1994，**20**（4）：16～17

5 吴孔明，郭予元.棉铃虫滞育的诱导因素.植物保护学报，1995，**22**（4）：331～336

6 吴孔明，郭予元.食物质量对棉铃虫繁殖力的影响.昆虫知识，1996，**33**（4）：203～205

7 屈西峰等著.中国棉花害虫预测标准、区划和方法.北京：中国科学技术出版社，1992，514～516

INVESTIGATION ON POPULATION FITNESS OF COTTON BOLLWORM, *HELICOVERPA ARMIGERA* (HÜBNER)

Wu Kongming Guo Yuyuan

(*Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences Beijing* 100094)

Abstract The developmental duration of larvae and pupae and the dynamics of different geographical populations of cotton bollworm in Beijing region were investigated in the laboratory and field. The results indicated that there was no significant difference of larval development among geographical populations, but the diapause dynamics between south and north populations in the nature environment showed a great variation, and the dates for attaining 50% diapause rate of pupae in the populations from Hunan Province and Sichuan Province were 30 d and 22 d later than that of Beijing population. Based on the analysis on developmental dynamics of the populations, cold hardiness of cotton bollworm and climate environment, it was suggested that Beijing area would be the north boundary of ecological region for north population of cotton bollworm, and it was impossible for south population to finish yearly life history in north China.

Key words *Helicoverpa armigera*, geographical population, fitness